

パラメトリック発振現象による単相多相変換器に関する研究

著者	丹野 頼元
号	101
発行年	1969
URL	http://hdl.handle.net/10097/11029

氏 名 (本籍)	丹 野 頼 元 (宮城県)
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 第 1 0 1 号
学位授与年月日	昭和 4 5 年 3 月 6 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
最 終 学 歴	昭和 2 7 年 3 月 東北大学工学部通信工学科卒業
学位論文題目	パラメトリック発振現象による単相多相 変換器に関する研究

(主査)

論文審査委員	教授 穴山 武	教授 福島 弘毅
	教授 松尾 正之	教授 岩崎 俊一

論 文 内 容 要 旨

磁氣的に単相交流を多相交流に変換する方法は、従来いろいろ研究されてきたが、適当な方法がなかった。しかし、多相交流を他の多相交流に変換することは適当な変圧器結線によって行なうことができ、多相整流装置などの分野に広く利用されてきた。この変圧器結線のような簡単な方法によって単相交流を多相交流に変換できるならば、多相交流電源のないところでも多相交流機器を動作させることができ、そのほかにも周波数通倍装置として、あるいはまた多相パルス発生器として広い利用面が考えられる。そのため、このような装置の実現が強く望まれていた。

著者は数年来非線形磁心のパラメトリック発振現象について検討を行なってきたが、2組のパラメトリック発振回路を組合せることにより、単相交流を多相交流に変換することができた。これはインダクタンスとコンデンサのみで構成され、変圧器とまったく同じ構造を有するものである。著者は、本装置にパラメトリック単相多相変換器と名づけ、研究をすすめてきた。

本論文は、磁氣的に単相交流を多相交流に変換することを目的として、著者が研究し開発をすすめてきたパラメトリック発振現象による単相多相変換器についてまとめたものである。本文は5章よりなり、本装置の基礎であるパラメトリック発振現象について考察を行ない、ついで単相多相変換方法について述べている。次に設計に必要な計算式を誘導し、これによる設計例を示している。そして、最後に本装置の応用例について述べている。

まず、第2章においてパラメトリック発振現象の基礎的考察を行なった。パラメータ励振現象による発振電圧は、励振周波数の $1/2$ の周波数のとき最も安定であり、これを利用した装置としてはパラメトロンがある。しかし、パラメトロンは1つの発振電圧に0相と π 相の2通りの位相の発振が可能であることを利用しているのに対して、本論文のパラメトリック単相多相変換器は2つの発振電圧間の位相差を利用したものである。

そこで励振電流の位相変化に対する発振電圧の位相変化の関係を明らかにした。そして、2組のパラメトリック発振回路を用いて、励振電流間にもたせた位相差 φ と発振電圧間の位相差 ψ との関係を与える式を導いた。この式で $\varphi=180^\circ$ とおくと $\psi=90^\circ$ となることから、2組のパラメトリック発振回路を 180 度の位相差を有する電流で励振すると、 90 度の位相差を有する電圧が得られることを示した。すなわち、単相交流が2相交流に変換されるものであり、2組のパラメトリック発振回路は単相2相変換作用を有することを明らかにした。

次に、パラメトリック発振現象における発振周波数は、励振周波数の $1/2$ のとき最も安定であり、この発振回路自体が分周作用を有するものである。この発振回路を n 段縦続接続すれば、 $1/2^n$ の分周比を有する分周器とすることができる。この多段接続した分周器について解析を行ない、最適接続条件を与える関係式を求めた。そして、この解析を裏づける実験を行ない、この条件式が成り立つ範囲を確めた。

最後に、パラメトリック発振回路の励振周波数を変化すると、発振電圧は励振周波数にほぼ比例して変化する。そこで、パラメトリック発振回路は周波数弁別作用を有するものである。パラメトリック発振回路を周波数変調波電流で励振したときの発振電流成分を検討し、この周波数弁別作用を明らかにした。

これらの作用については、今までにあまり研究されたことがなかった。著者が始めて行なったものであり、これらの結果はパラメトリック単相多相変換器の基礎となるものである。

次に、第3章において単相交流を一般に P 相の多相交流に変換する方法について述べている。これは、第2章に述べた方法により得られた2相交流を基として、これを巻線によって分割し、ベクトルの的に合成して P 相の多相交流を得るものである。

また、単相多相変換回路に関連して、パイアス用直流電源を使用しないで相変換を行なう方法に

ついて述べた。これは半波整流回路を用いる方法と全波整流回路を用いる方法との2通りがある。半波整流回路を用いる方法では、変換効率が最大17%程度の値しか得られない。しかし、別に直流電源を用意しなくても、たんに $f_0(H_z)$ の周波数の単相交流を加えるだけで $f_0/2(H_z)$ の周波数の多相交流を得ることができ、取扱いが非常に簡便となる。全波整流回路を用いる方法では変換効率はさらに悪くなり、最大6%程度の値しか得られない。しかし、この場合には $f_0(H_z)$ の単相交流を加えるだけで、同一周波数の $f_0(H_z)$ の周波数の多相交流が得られることを示した。

次に、得られた多相交流の相回転について考察し、この多相交流は任意の相回転方向をとることを明らかにした。そして、これを一方向に決定するには、コンデンサと抵抗のみを用いて簡単に行なうことができることを示した。

第4章では、磁気特性より求められる磁心定数とパラメトリック発振特性との関係について述べている。パラメータ励振現象による発振出力の解析については、いままでにいくつかの方法が提案されている。しかし、従来行なわれた解析法は、磁心の磁気特性があまり考慮されず、また電力を利用する立場ではなされていなかった。

パラメトリック単相多相変換器の設計理論を確立するために、従来行なわれた解析法を拡張して磁心の磁気特性を考慮に入れ、発振電流、発振電圧、発振電力などの計算式を求めた。ここで、磁心の透磁率の直流励磁による変化特性より得られる磁心定数の考えを導入した。すなわち、磁心定数として最大透磁率 μ_m 、最大透磁率を与える直流アンペア回数 A_{01} および透磁率の変化特性の傾斜 k を定義し、この磁心定数と発振出力との関係を求め、設計に必要な計算式を誘導した。

次に数種類の磁性材料について実験を行ない、その動作状態を考察した。従来、パラメトリック発振回路には主としてフェライト磁心が用いられてきたが、ここではそのほかに実用的なけい素鋼磁心、方向性けい素鋼磁心についても検討を行なった。そして、その磁心定数を用いた計算値と実験値との間の比較を行ない、計算式が成立する範囲について論じた。その結果、計算式はパラメトリック単相多相変換器の設計に十分役立つことが確められた。

また、変換効率はフェライト磁心が最も大きく、ついで方向性けい素鋼磁心、けい素鋼磁心の順になった。磁心容積あたりの発振出力はけい素鋼磁心が最も大きく、ついで方向性けい素鋼磁心、フェライト磁心の順になった。これより電圧あるいは電流のみを利用する場合には、高周波数まで使用でき変換効率が大きくとれるフェライト磁心が適しており、また電力を利用する場合には変換効率を多少ぎせいにしても、経済的である方向性けい素鋼磁心が適していることが明らかとされた。

第5章では、以上の結果を用いて設計する方法を、単相2相変換器の場合を例として述べた。そして、設計した方向性けい素鋼磁心を用いた単相2相変換器を試作し、その電気的特性を測定して設計値と比較検討した。その結果、試作した単相2相変換器はほぼ設計値に等しい特性を有し、そ

の差異は大きいところで10%程度であることが明らかとされた。

最後に第6章では、パラメトリック単相多相変換器の応用例について述べた。まず、電力用として単相多相変換器を使用する場合について述べ、本装置は直流励磁で動作させるので磁心容積あたりの出力電力が小さく、大電力用には適しないことを明らかとした。しかし、かなり広い安定動作範囲を有し、数十ワット程度までの装置としては十分実用的であると思われる。

次に単相3相変換器、単相6相変換器および単相12相変換器の特性を示した。これらの装置の出力多相交流電圧はほぼ理論通りに得られ、多相交流源として利用できることが確かめられた。また、単相12相変換器の出力を整流して直流出力をうる装置について述べた。これによって、単相交流で動作し、多相整流方式の特長をもつ整流装置が得られることを示した。

次に、周波数通倍器について述べている。従来、磁気式周波数通倍器としていくつかの方法が発表されてきた。しかし、これらはいずれも通倍比が整数倍のものであった。ところが、パラメトリック単相多相変換器を用いて周波数通倍を行なうと、整流でない通倍比をもつ周波数通倍器を得ることができる。この周波数通倍器の原理について述べ、変換された多相交流の相数と通倍比との関係を求めた。そして単相3相変換器を用いた $60\text{Hz} \cdot 90\text{Hz}$ 通倍器の特性を示した。その結果、本通倍装置は効率が20%程度であり良くないが、整数でない通倍比をもつと言う特長を有することが明らかとされた。したがって、高周波電源としてよりもむしろ制御装置の信号源として利用すれば、誘導雑音などによる誤動作の恐れがなくなり、このような用途に対して特に真価を発揮するものと思われる。

応用例の最後として、パラメトリック単相多相変換器を多相パルス発生器として利用できることについて述べている。これは、パラメトリック単相多相変換器から得られる多相交流を、単安定マルチバイブレータなどを用いて多相パルス電圧とするものである。ここに、その原理を述べ、試作装置の特性を示した。さらに、この多相パルス発生器の使用例として、時分割多重通信における時間パルスとして利用した場合の特性を示した。本装置は、そのほかにもパルス周波数通倍器、パターンパルス発生器、多相パルス再生器などの広い応用が考えられる。

本論文では、付録としてパラメトリック発振現象を利用した周波数弁別器および多段接続分周器について述べた。それらの原理については第2章に述べているが、試作した装置の特性を示し、これらの装置が従来のものとまったく動作原理が異なり、良好な特性を有することを明らかにした。

審 査 結 果 の 要 旨

非線形インダクタンスとコンデンサを組合せて、直流を重ねた交流で励振すると、パラメトリック発振現象を生じ、励振周波数の $1/2$ 周波数の出力を発生することは古くから知られている。パラメトロンの発明以来、パラメトリック発振現象について多くの研究が行なわれているが、論理演算素子以外の応用についての研究は極めて少ない。著者は信号変換装置に応用する立場から、パラメトリック発振現象について詳細な検討を行ない、周波数弁別作用、単相交流に変換する単相2相変換作用など応用上興味ある性質があることを見出した。本論文は、著者が考案したパラメトリック発振現象による単相多相変換器についての研究成果をまとめたもので、全編7章よりなる。

第1章は緒論で、本論文の目的およびその概要を述べている。

第2章では、種々の励振条件のもとでのパラメトリック発振現象について考察を加えている。まず、励振電流の位相変化に対する発振出力位相の関係を論じ、2組のパラメトリック発振回路を用い単相交流を2相交流に変換しうることを明らかにした。

更に、多段接続した場合、および周波数変調電流で励振した場合の動作を検討し、多段分周器、周波数弁別器として用いることを明らかにした。これらの結果は著者によりはじめて明らかにされたもので、パラメトリック発振現象の応用上有益な知見である。

第3章では、単相2相変換を基にして単相多相変換を実現するための巻線接続法、直流バイアス電源なしで相変換を行なうための整流電流による励振方式、相回転の決定法など単相多相変換器の構成上の諸問題を検討している。

第4章は磁心定数とパラメトリック発振特性との関係を論じたもので、本論文で最も重要な部分である。著者は直流励磁を加えた場合の磁心の透磁率変化を巧みな実験式で表示し、これを基にして発振電流、電圧、電力などに関する設計式を導いた。この設計式は、フェライト、方向性けい素鋼、けい素鋼など各種の磁心に適用できるもので、単相多相変換器の設計の基礎となる貴重な成果である。

第5章では、以上の結果を用いた具体的設計法を、単相2相変換器を例にとり述べている。設計値と実測値とは良く一致しており、第4章で導いた設計式の有効性が実証されている。

第6章では、多相整流装置、周波数倍器、多相パルス発生器など本装置の特徴を生かした各種の応用例を挙げ、試作機器によって性能上の特色を明らかにしている。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、著者が考案したパラメトリック発振現象による単相多相変換器について、動作原理、回路構成法、設計法およびその応用について述べ、パラメトリック発振現象の解明とその応用に新しい知見を加えたもので、電気工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。